30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021

LÖSUNGEN 1.Runde − KLASSENSTUFE **7** −

*Hinweis: Hier sind in Kurzform Lösungs**vorschläge** angegeben, die sich auf die Aufgabenstellungen beziehen. Die endgültige Entscheidung über die Vergabe der Punkte trifft im Zweifelsfall der korrigierende Physiklehrer selbst. Achten Sie bitte auf korrekten sprachlich- physikalischen Ausdruck der Schüler.*

Wichtig!

Gerade in der Klassenstufe 7 sollten die korrigierenden Fachkollegen in der Bewertung bitte beachten, dass die Schüler in der Regel keine physikalischen Vorkenntnisse besitzen, aber Dank des Werkunterrichts in der Grundschule und im Fach MNT am Gymnasium, persönlicher Erfahrungen und der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel – insbesondere der Internetangebote – in eigenständiger Arbeit zur Lösung finden sollen und können.

Es zählt hier die individuelle Bereitschaft zum erfolgreichen Forschen in Natur und Technik!

Lösung 30.1.07.1 (10 Punkte)

7.1.1 Wenn die Windgeschwindigkeit halbiert wird, sinkt die Leistung auf ein Viertel: 750 kW ✓

$11\% \approx \frac{1}{9}$ ✓ Deshalb muss die Windgeschwindigkeit $\frac{1}{3}$ ✓ von $11{,}6\,\frac{m}{s}$ betragen = $3{,}87\,\frac{m}{s}$ ✓ 4 Punkte

7.1.2 $u = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 58\,m \approx 364\,m$ ✓✓

$12{,}8 \cdot 364\,m \approx 4664\,m$ ✓ $v = \frac{4661{,}8\,m}{60\,s} = 77{,}7\,\frac{m}{s}$ ✓ 4 Punkte

7.1.3 $t = \frac{364{,}2\,m}{343\,\frac{m}{s}} = 1{,}06\,s$ für eine Umdrehung ✓

$n = \frac{60s}{1{,}06\,s} = 56{,}5$ Umdrehungen in einer Minute ✓ 2 Punkte

Lösung 30.1.07.2 (10 Punkte)

7.2.1 $V_{Fe} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3$ $V_{Fe} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot 9^3 cm^3$ $V_{Fe} = 381{,}7 cm^3$ 1 Punkt

$m_{Fe} = \rho_{Fe} \cdot V_{Fe}$ $m_{Fe} = 7{,}86\,\frac{g}{cm^3} \cdot 381{,}7 cm^3$ $m_{Fe} = 3000 g$ 2 Punkt

7.2.2 $V_{Au} = V_{ges} - V_{Fe}$ $V_{Au} = 523{,}6 cm^3 - 381{,}7 cm^3$ $V_{Au} = 141{,}9 cm^3$ 2 Punkte

$m_{Au} = \rho_{Au} \cdot V_{Au}$ $m_{Au} = 19{,}32\,\frac{g}{cm^3} \cdot 141{,}9 cm^3$ $m_{Au} = 2741{,}5 g$ 2 Punkte

7.2.3 $m_{Ges} = 5741{,}5 g$ => $F_g = 56{,}3 N$ 1 Punkt

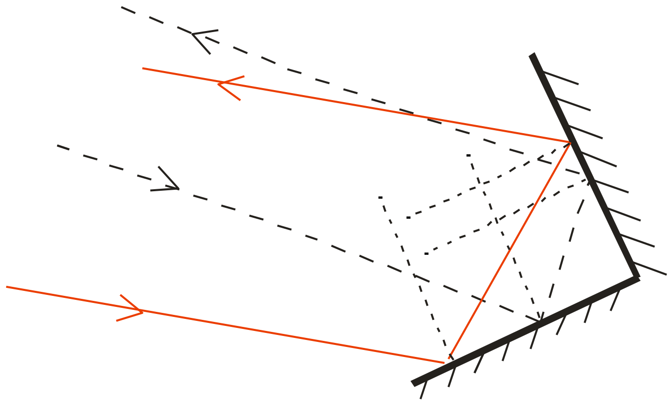
7.2.4 $F = F_g - F_A$ $F_A = \rho_{H_2O} \cdot V_{ges} \cdot g$ $F_A = 1000\,\frac{kg}{m^3} \cdot 5{,}236 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$ $F_A = 5{,}14 N$ 1 Punkt

$F = 56{,}3 N - 5{,}14 N$ $F = 51{,}2 N$ 1 Punkt

Rechnung wird nicht gefordert. Lösung kann auch durch Überlegung gefunden werden.

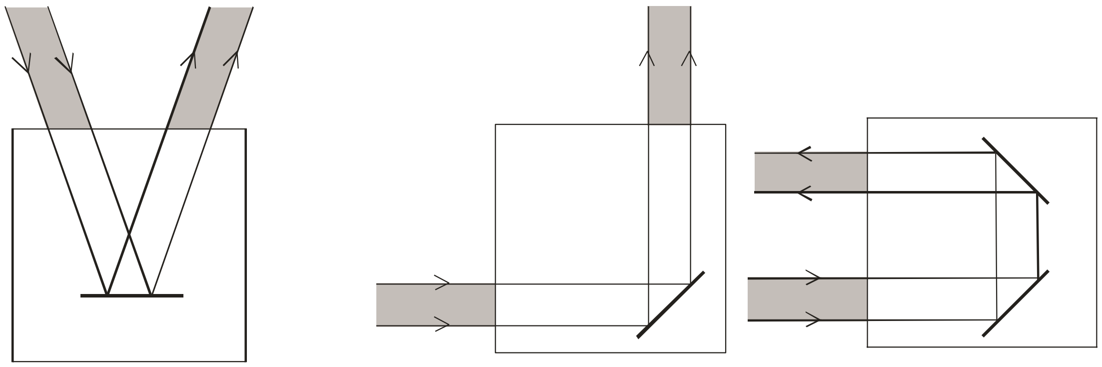
Lösung 30.1.07.3 (10 Punkte)

7.3.1



4 Strahlenpaare mit den zugehörigen Einfallsloten analog dem obigen Beispiel
Antwort: Die reflektierten Strahlen werden in die Richtung zurückgeworfen, aus der sie gekommen sind. 3 Punkte 1 Punkt

7.3.2



6 Punkte

Lösung 30.1.07.4 (10 Punkte)

7.4.1 Gleitreibungskraft ist geringer als die Haftreibungskraft. 2 Punkte
7.4.2 Beide Klötze beginnen etwa gleichzeitig zu rutschen. 1 Punkt
Mit zunehmender Gewichtskraft nimmt die Reibungskraft, aber auch die Hangabtriebskraft gleichmäßig zu. Erklärung ist auch sinngemäß zu akzeptieren. 2 Punkte
7.4.3 Bestimmung der Gewichtskraft über die Bestimmung der Masse, Maßstab angeben. 2 Punkte
Skizze mit Gewichtskraft, Reibungskraft und Hangabtriebskraft. Reibungskraft entgegen der Hangabtriebskraft. 3Punkte

30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021
LÖSUNGEN 1.Runde − KLASSENSTUFE **8** −

Lösung 30.1.08.1 (10 Punkte)

a) Wie weit kommt der Gepard, wenn er 15 s lang mit 120 km/h sprintet?

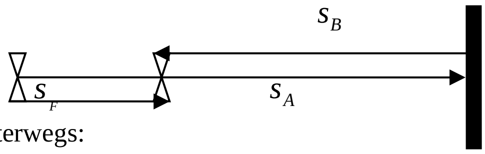
$$v = s \cdot t = 33{,}3\frac{m}{s} \cdot 15s = 500m$$

Die Gazelle ist 200 m entfernt. Damit sie entkommen kann, muss sie in der gleichen Zeit 300 m weit rennen.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{300m}{15s} \qquad v = 20\frac{m}{s} = 72\frac{km}{h}$$

Die Gazelle muss mindestens mit einer Geschwindigkeit von 72 km/h rennen.
Besser wäre natürlich, sie ist noch etwas schneller.

b) Beim Ausstoßen des Impulses ist die Fledermaus die Strecke s_A von der Wand entfernt. Der Schall wird von der Wand reflektiert und trifft nach der Strecke s_B wieder auf die Feldermaus. Die hat aber in dieser Zeit die Strecke s_F zurückgelegt.



Der Schall legt insgesamt die Strecke $s_S = s_A + s_B$ zurück.

Der Schall war vom Ausstoßen bis zum Hören 0,03 s unterwegs:

$$\Rightarrow \quad s_S = v_S \cdot t = 330\frac{m}{s} \cdot 0{,}3s \qquad s_S = 9{,}9m$$

Während dieser Zeit hat die Fledermaus den Weg s_F zurückgelegt: $s_F = v_F \cdot t = 20\frac{m}{s} \cdot 0{,}3s \qquad s_F = 0{,}6m$

außerdem gilt: $s_A = s_F + s_B \quad \Rightarrow \quad s_F + s_B = s_S - s_B$

$$\Rightarrow \quad s_B = \frac{s_S - s_F}{2} = \frac{9{,}9m - 0{,}6m}{2} = 4{,}65m$$

Die Fledermaus ist noch 4,65m von der Wand entfernt.

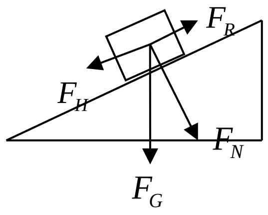
Lösung 30.1.08.2 (10 Punkte)

a) **Ruhe**: Benötigte Energie: E = P· t = 90W ·3600s = 324 000Ws = 324kJ
Durch Fett aufzubringende Energie: E = 324 kJ ·4 = 1296kJ
$\rightarrow \frac{1296\,kJ}{40\,kJ \cdot g^{-1}} = 32{,}4\,g$ körpereigenes Fett wird abgebaut

b) **Dauerlauf**:
Benötigte Energie: E = P ·t = 300W ·2h = 300W·7200s = 2160000Ws = 2160kJ
Durch Kohlehydrate aufzubringende Energie: E = 2160 kJ ·4 = 8640kJ
$\rightarrow \frac{8640\,kJ}{20\,kJ \cdot g^{-1}} = 432\,g$ Kohlehydrate muss man zu sich nehmen

c) Benötigte Energie E = 2160kJ Durch Fett aufzubringende Energie E = 8640kJ
$\rightarrow \frac{8640\,kJ}{40\,kJ \cdot g^{-1}} = 216\,g$ körpereigenes Fett wird abgebaut

Lösung 30.1.08.3 (12 Punkte)



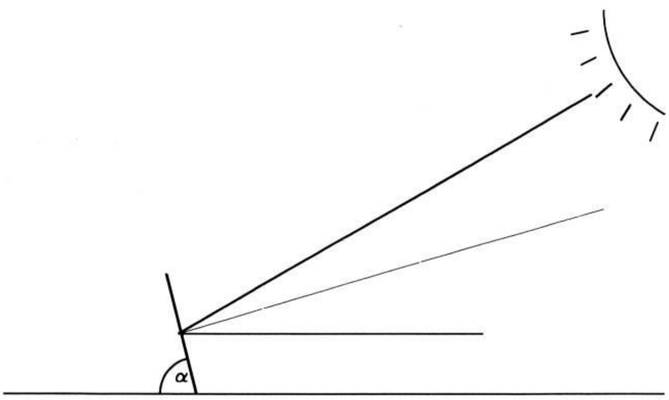
Die Hangabtriebskraft F_H und die Reibungskraft F_R sind im Moment, wenn der Radiergummi zu Rutschen beginnt, gleich groß.
- mit Hilfe der Masse $\Rightarrow$ Gewichtskraft und Länge l und Höhe h kann man F_H berechnen und auch F_N aus $F_R = \mu \cdot F_N$ erhält man den Haftreibungskoeffizienten

zu messen: Masse des Radiergummis, Länge des Lineals bis zum Auflagepunkt, Höhe der Bücher

Rechnung: aus m $\Rightarrow$ F_G $\qquad \dfrac{F_H}{F_G} = \dfrac{h}{l}$ $\qquad F_H = F_G \cdot \dfrac{h}{l}$

$$F_N = \sqrt{F_G^2 - F_H^2}$$
$$\mu = \frac{F_R}{F_N}$$

Lösung 30.1.08.4 (8 Punkte)

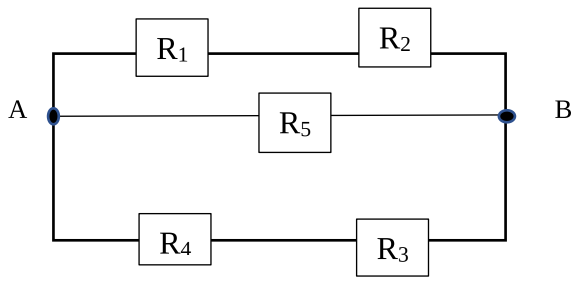


- zuerst muss der Boden und ein dazu parallel verlaufender Lichtstrahl gezeichnet werden
- an diesen Strahl trägt man einen Winkel von 30° an und erhält den Standort der Sonne
- am Scheitelpunkt dieses Winkels liegt die Glasscheibe
- jetzt muss die Winkelhalbierende des 30° Winkels konstruiert werden
- diese Winkelhalbierende bildet das Einfallslot, d.h. die Glasscheibe liegt senkrecht zu dieser Winkelhalbierenden
- man ermittelt einen Winkel von $\alpha \approx 75°$ zur Horizontalen bzw. 15° zur Senkrechten.

30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021
LÖSUNGEN 1.Runde − Klassenstufe **9** −

Aufgabe 30.1.09.1 10 Punkte elektrisch

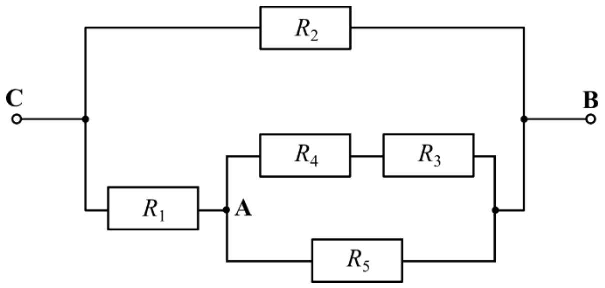
a) Ersatzschaltung



✓✓

$R_{12} = 40\Omega$, $R_{43} = 40\Omega$, ✓ $1/R = 1/R_{12} + 1/R_5 + 1/R_{43}$, ✓ $R = 15\Omega$ ✓

b) Ersatzschaltung



$1/R_{345} = 1/R_{43} + 1/R_5$, $R_{345} = 24\Omega$ ✓
$R_{1345} = 44\Omega$, ✓ $1/R = 1/R_2 + 1/R_{1345}$, $R = 13{,}75\Omega$ ✓

Aufgabe 30.1.09.2 10 Punkte laufend

Ansatz (ev. Skizze): ✓ Gleichung I $l - vt_1 = 20$ S Gleichung II $l + vt_2 = 30$ S ✓✓
Da s ~ t (gleichförmige Bewegung), gilt ebenfalls: $t_1 : t_2 = 20 : 30$ ✓✓
Mit Gleichung I und Gleichung II ergibt sich: $20 : 30 = (l - 20S) : (30S - l)$ ✓✓✓
Und somit ***l* = 24 S** (Schritte) ✓✓

Aufgabe 30.1.09.3 10 Punkte fast dampfend

a) Geräte, Hilfsmittel, Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung beschreiben ✓ ✓ ✓
b) Messwerte in Tabellenform ✓ ✓
Temperatur-Zeit-Diagramm ✓✓✓
c) Temperaturänderungen pro Zeitabschnitt zu Beginn des Experimentes sind größer als am Ende ✓
Temperaturdifferenz zwischen Körper- und Umgebungstemperatur ist zu Beginn des Experimentes größer als am Ende ✓

Aufgabe 30.1.09.4 10 Punkte **blickend**

$$a)\ \frac{g}{G}=\frac{b}{B}\ \Rightarrow\ g=\frac{2{,}5m\cdot 24cm}{1{,}5m}=\underline{40cm}\ und\ \ \frac{1}{f}=\frac{1}{g}+\frac{1}{b}\ \Rightarrow\ f=\frac{g\cdot b}{g+b}=\frac{0{,}4m\cdot 2{,}5m}{0{,}4m+2{,}5m}=\underline{0{,}34m}$$

✓✓✓✓

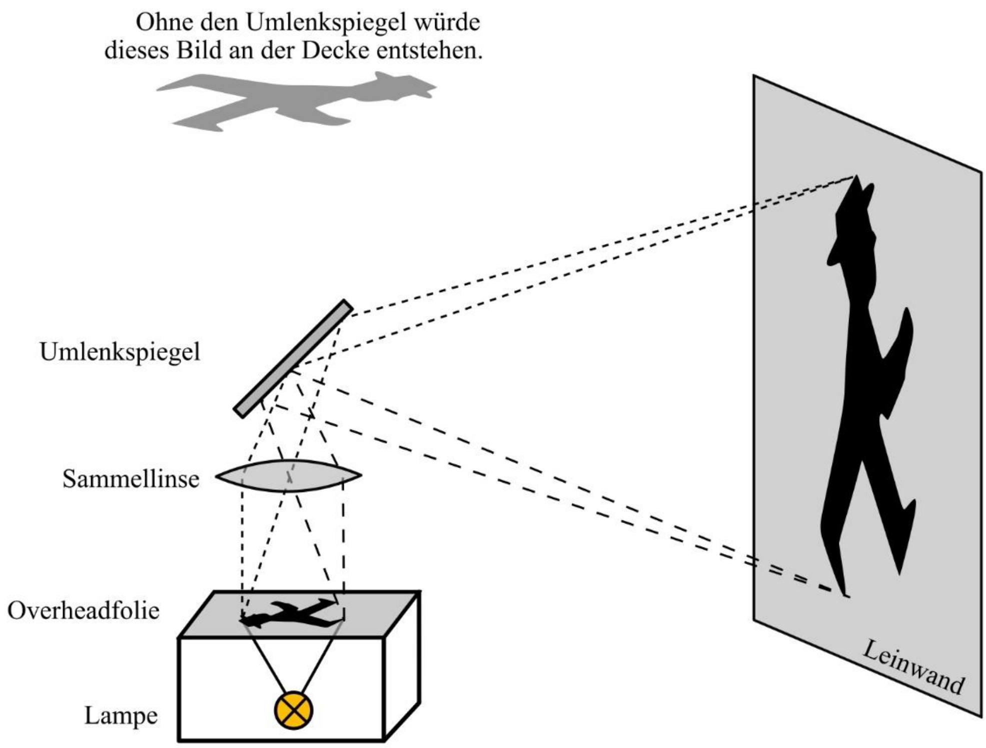
$$b)\ mit\ \ b=3{,}0m\ \ \ und\ \ \ f=0{,}34m\ \Rightarrow g=\frac{b\cdot f}{b-f}=0{,}38m$$

$B=\dfrac{G\cdot b}{g}=\underline{1{,}89m}$ Das Bild wird größer . ✓✓

c) Skizze kann als einfache Konvexlinsenabbildung ohne oder mit dem Spiegel erfolgen mit
$2f > g > f$ und $b > 2f$ ✓✓

Funktion des Umlenkspiegels:
Neben der Richtungsänderung der Abbildungsstrahlen um 90°
ergibt sich eine Änderung der Bildlage: von Kopf stehend zu aufrechtstehend ✓

Obwohl die Sammellinse das Bild seitenverkehrt abbildet, erscheint es an der Leinwand seitenrichtig, weil die Folie bereits seitenverkehrt aufgelegt wird. ✓



Lösung 30.1.10.1 (10 Punkte) Was fällt denn da?

a)	$v = g \cdot t + v_0 \;\rightarrow t = \frac{v - v_0}{g}$ ✓ $= 0{,}622\ s$ ✓ $s = \frac{g}{2}t^2 + v_0 \cdot t = 8{,}43\ m$ ✓ $\rightarrow\ 1\ Etage\ \widehat{=}\ 2{,}81\ m$ ✓	2 2
b)	$v = g \cdot t \rightarrow t = \frac{v}{a}$ ✓ $s = \frac{g}{2}t^2 = \frac{v^2}{2g} = 5{,}62\ m \rightarrow 2\ Etagen \rightarrow 7.Etage$ ✓	1 1
c)	$s = \frac{g}{2}t^2\ \rightarrow\ t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 2{,}81\ m}{9{,}81\ \frac{m}{s^2}}} = 2{,}00\ s$ ✓	1
d)	Reibungskraft z.B. mit der gegebenen Geschwindigkeit berechnen: $F_R = 2{,}88 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{m} \cdot \left(16{,}6\ \frac{m}{s}\right)^2 = 0{,}79\ N$ ✓ Die beschleunigende Gravitationskraft, der die Reibung entgegensteht, ist abhängig von der Masse. Es gilt: $F_G = m \cdot g = 8{,}3\ N$ ✓ Somit ist die Reibungskraft knapp ein Zehntel der beschleunigenden Kraft und kann nicht vernachlässigt werden. ✓	1 1 1

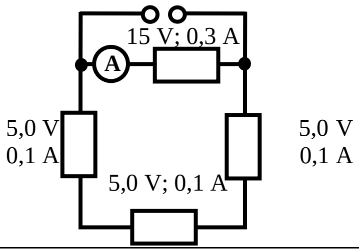
Lösung 30.1.10.2 (10 Punkte) Warmwasserbereiter

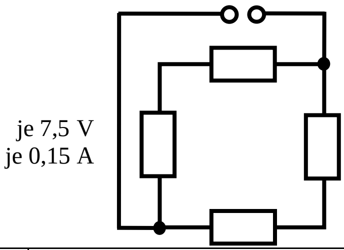
a)	• Wasser dehnt sich beim Erwärmen stärker als der Behälter aus und läuft daher aus dem Boiler. ✓ • Würde man ihn abdichten, würde der Druck im Inneren ansteigen und er könnte im schlimmsten Fall platzen. ✓	1 1
b)	$m_K = m_W = \varrho_K \cdot V$ ✓ $= 999{,}10\ \frac{kg}{m^3} \cdot 0{,}015\ m^3 = 14{,}99\ kg$ ✓ $V_W = \frac{m_W}{\varrho_W} = \frac{14{,}99\ kg}{983{,}20\ \frac{kg}{m^3}} = 15{,}24\ l \rightarrow 240\ ml$ tropfen maximal ab ✓ Tatsächlich dehnt sich der Behälter auch aus und daher ist es weniger. ✓	2 1 1
c)	$P = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\vartheta}{P}$ ✓ $= \frac{14{,}99\ kg \cdot 4{,}19\ \frac{kJ}{kg \cdot °C} \cdot 45\ °C}{2000\ W} = 1413\ \mathrm{s} = 23{,}6\ \mathrm{min}$ ✓	2
d)	$E = 512\ kWh = 512 \cdot 3600\ kJ = 1{,}8432 \cdot 10^6\ kJ$ ✓ $= Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $m = \frac{E}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{1{,}8432 \cdot 10^6\ kJ}{4{,}19\ \frac{kJ}{kg \cdot °C} \cdot 45\ °C} = 9776\ \mathrm{kg}$ ✓	1 1

Lösung 30.1.10.3 (10 Punkte) Wasserlinsen

a)	Es gibt mehrere Möglichkeiten. Eine Variante ist, mehrere unterschiedliche Tropfen auf eine erhöht auf Klötzchen liegende dünne Glasplatte (oder entsprechende Folie - z. B. von einer Blisterverpackung) zu platzieren. Als Lichtquelle kann man eine Taschenlampe oder auch eine Schreibtischlampe verwenden. Mit einem Papierstapel (z. B. Notizblock, Buch, Zeitung) kann man nun solange den Abstand zur Scheibe variieren, bis man den kleinstmöglichen Sammelpunkt auf dem oberen Papier sehen kann. Der Abstand des Stapels zur ungefähren Wassertropfenmitte ist dann mittels Lineals messbar. Die zu erwartenden Brennweiten typischer Wassertropfen reichen von einigen wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern. Vorbetrachtungen Beschreibung Versuchsaufbau (Beleuchtung & Tropfenanordnung, "Bildschirmanordnung", Messgerät) Ablauf der Versuchsdurchführung; (Herleitung einer Messgleichung, falls eine benötigt wird) Messprotokoll (mind. 3 Werte und Fotos der Experimentieranordnung) Auswertung und Ergebnis	3 1 3 1
b)	eine Schlussfolgerung nennen und begründen: z. B. - Pflanzen im Sommer nicht bei praller Sonneneinstrahlung gießen. <u>Begründung:</u> Werden Pflanzen bei voller Sonneneinstrahlung gegossen, bleiben auf den Blättern Tropfen zurück. Das Sonnenlicht wird durch die Tropfen gebündelt und fällt auf das Blatt. Liegt der Tropfen auf einem glatten Blatt auf, so liegt der Brennpunkt des Tropfens meist deutlich hinter dem eigentlichen Blatt und wird vom Licht deshalb nicht erreicht. Das Blatt erwärmt sich in der Zeit bis zum Verdunsten des Tropfens nicht so stark und verbrennt auch nicht. Hat das Blatt aber feine Härchen oder durch seine Formgebung die Eigenschaft, dass die Tropfen mit etwas Abstand zur Blattoberfläche gehalten werden, kann der Brennpunkt in die Nähe der Blattoberfläche fallen. Dann kann tatsächlich die Blattoberfläche verbrennen bzw. absterben. - Wassertropfen nach dem Baden möglichst schnell von der Haut abtrocknen. <u>Begründung:</u> Wischt man die Tropfen nicht ab, kann dies durch die Lichtbündelung zu verstärktem, punktuellem Sonnenbrand kommen. Bei haariger Haut ist dieser Effekt stärker, da wie oben bereits beschrieben der Brennpunkt an der Hautoberfläche wirkt und hier die maximale Lichtbündelung vorliegt. - ...	2

Lösung 30.1.10.4 (10 Punkte) Widerstandsrunde





	Schaltung 1	Schaltung 2	
R	$R_{1,ges} = \left(\frac{1}{R}+\frac{1}{3R}\right)^{-1} = \left(\frac{4}{3R}\right)^{-1} = \frac{3}{4}R$ (1.) $\frac{3}{4}R = \frac{U_{1,ges}}{I_{1,ges}} \Leftrightarrow R = \frac{4}{3}\cdot\frac{U_{1,ges}}{I_{1,ges}} = \frac{4}{3}\cdot\frac{15\,V}{0{,}4\,A} = \underline{50\,\Omega}$ (10.)	$R_{2,ges} = \left(\frac{1}{2R}+\frac{1}{2R}\right)^{-1}$ $= \left(\frac{2}{2R}\right)^{-1} = R$ (2.)	4 3
P	$P_{1,ges} = U_{ges}\cdot I_{ges} = \frac{U_{ges}^2}{R_{1,ges}} = \frac{U_{ges}^2}{\frac{3}{4}R}$ (3.) $= \frac{4}{3}\cdot\frac{U_{ges}^2}{R} = \frac{4}{3}\cdot P_{2,ges} = \underline{6{,}0\,W}$ (5.)	$P_{2,ges} = \frac{U_{ges}^2}{R_{2,ges}}$ $= \frac{U_{ges}^2}{R} = 4{,}5\,W$ (4.)	2
I	$I_{1,ges} = 0{,}3\,A + I_{3R}$ (6.) mit $I_{3R} = \frac{1}{3}\cdot 0{,}3\,A = 0{,}1\,A$ (7.) (Dreifachwiderstand im Parallelzweig bewirkt ein Drittel der Stromstärke bei jeweils anliegender Spannung U_{ges}) $I_{1,ges} = 0{,}4\,A$ (8.)		1
U	$U_{1,ges} = \frac{P_{1,ges}}{I_{ges}} = \frac{6{,}0\,W}{0{,}4\,A} = \underline{15\,V} = U_{ges} = U_{2,ges}$ (9.)		

30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021
LÖSUNGEN 1.Runde − Klassenstufe **11** −

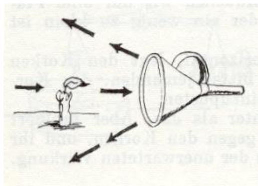
Lösung 30.1.11.1 (10 Punkte)

a) Beschreibung: Nach dem Erlöschen der Kerze steigt der Wasserspiegel im Glas **2 Pkt**

Erklärung: Bei der Verbrennung des Kerzenwachs reagiert dieses mit Sauerstoff zu Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid (Annahme: vollständige Verbrennung). Beim Abkühlen verringert sich das Volumen der Verbrennungsgase und Wasserdampf kondensiert an der Glaswand. Außerdem löst sich etwas CO_2 im Wasser. So entsteht ein Unterdruck im Glas und der äußere Luftdruck bewirkt einen Anstieg des Wasserspiegels. **2 Pkt**

Bilder zum Experiment **1 Pkt**

b) Folgende Versuchsanordnungen sollten enthalten sein:



- dünnes Rohr am Mund, Trichteröffnung direkt auf Kerze gerichtet, Flamme neigt sich dem Trichter zu und geht nicht aus **1 Pkt**
  Erklärung: Unterdruck längs der Trichterachse **1 Pkt**
- befindet sich die Kerze in Verlängerung des kegelförmigen Randes geht sie aus. **1 Pkt**
  Erklärung: Luftwirbel

Weitere sinnvolle Versuchsbeschreibung mit Erklärung **1 Pkt**
Bilder zum Experiment **1 Pkt**

Lösung 30.1.11.2 (10 Punkte)

a) Bei Erwärmung nimmt die Länge l des Pendels zu, und seine Schwingungsdauer $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ wird größer. Die Uhr wird also an heißen Tagen nachgehen, da jede Schwingung nun länger dauert. **3 Pkt**

b) Bei einer Temperaturänderung um $\Delta\vartheta$ ist die relative Längenänderung $\Delta l / l = \alpha\Delta\vartheta = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$. **2 Pkt**

Wegen $dT/dl = 2\pi \dfrac{1}{2g\sqrt{\frac{l}{g}}} = \dfrac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}{2l} = \dfrac{T}{2l}$ ist für $\Delta\vartheta = 10K$ die relative Änderung der Schwingungsperiode $\Delta T / T = \dfrac{1}{2}\Delta l / l = 9{,}0 \cdot 10^{-5}$. Die für eine Schwingung nötige Zeitspanne nimmt also um 0,009% zu, und die Uhr geht nach 24 Stunden um $\Delta t = (9{,}0 \cdot 10^{-5}) \cdot (24h) = 7{,}776 s$ nach.

(Hinweis: $\Delta T / T = \dfrac{\sqrt{l'} - \sqrt{l}}{\sqrt{l}} = \dfrac{\sqrt{l'}}{\sqrt{l}} - 1 = \dfrac{\sqrt{l + \Delta l}}{\sqrt{l}} - 1 = \sqrt{1 + \dfrac{\Delta l}{l}} - 1 = 9{,}0 \cdot 10^{-5}$ auch möglich.)

Bei Verwendung von Zahlen für T oder l sind 2 Punkte abzuziehen. **5 Pkt**

Lösung 30.1.11.3 (10 Punkte)

Sprungweite des ausfließenden Wassers nimmt mit dem sinkenden Wasserstand im Fass ab,
Auftreffwinkel wird dabei größer
Auftreffgeschwindigkeit des Wassers nimmt ab (Höhe der Wasserspritzer um die Auftreffstelle) 5 Pkt

Geschwindigkeit in x-Richtung: $v_{0x}=(2gh)^{1/2} = 3{,}96$ m/s h – Wasserstand über dem Loch
Sprungweite x: $x=((2 \cdot 0{,}2\ m \cdot v_{0x}^2)/g)^{1/2}$ bzw. $x=2 \cdot (0{,}2 m \cdot h)^{1/2}$ für h=0,8 m => $x_{max}=0{,}8$ m
Endgeschwindigkeit v_E: $v_E=(v_{0x}^2+v_y(t_F)^2)^{1/2}$ t_F – Flugzeit des Wassers für h=0,8 m => $v_E=4{,}43$ m/s
Auftreffwinkel φ: $\tan\varphi = v_y(t_F)/v_{0x}(h)$ für h=0,8 m => $\varphi_{min}=26{,}56°$ 5 Pkt

Weitere sachgerechte Lösungen können bewertet werden!

Lösung 30.1.11.4 (10 Punkte)

a) Die elektrische Feldstärke innerhalb einer Röhre beträgt E = 0. Nur zwischen zwei benachbarten Röhren wirkt ein elektrisches Feld, in welchem eine Kraft auf die Protonen wirken kann.
Weil in einer Röhre keine Kraft wirkt, bleibt v = konst. 2 Pkt

b) Es wird eine Wechselspannung angelegt. Die Polung +/- -/+ ändert sich bei f = 50 MHz
100 Millionen mal pro 1 Sekunde.
Eine Polung dauert $T=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{50\cdot 10^{6}}s=1\cdot 10^{-8}=10ns$
Das ist dann nach Aufgabenstellung auch die Flugzeit in einer Röhre.
Protonen sind positiv geladen. T_0 positiv, T_1 negativ Proton wird in T_1 hineingezogen.
Quasi exakt am Ende der Röhre T_0 liegt zwischen T_0 und T_1 die maximale Beschleunigungs-spannung an und das Proton wird zwischen den Röhren maximal beschleunigt.
Das Proton wird „ruckartig“ immer schneller. Deswegen werden die Zeiten für das Durchfliegen einer Röhre immer kürzer. Die Zeit der Polung einer Röhre ist aber konstant (10 ns), deswegen müssen die Röhren nach hinten hin immer länger werden. Wenn diese Längen exakt angepasst sind („richtige Abstimmung mit der Frequenz“), dann gibt es in jedem Spalt eine Beschleunigung um Δv.
Die Beschleunigungsspannung ist dabei die maximale Spannung der angelegten Wechselspannung.
4 Pkt

c) Zur Anfangsenergie (gemäß Aufgabe 2.1) von E = 0,12 MeV kommen noch 4 Energieschübe der Größe 0,8 MeV.
Gesamtenergie: $0{,}12\,MeV+4\cdot 0{,}8\,MeV=3{,}32\,MeV=5{,}319\cdot 10^{-13}\,J$

$$E_{kin}=\frac{mv^2}{2}\rightarrow v=\sqrt{\frac{2E_{kin}}{m}}=2{,}52\cdot 10^{7}\,\frac{m}{s}$$

Flugdauer in der Röhre: 10ns Länge der vierten Röhre: $s=v\cdot t=0{,}252m$ 4 Pkt

Lösung 30.1.12.1 „Kabellos das Smartphone laden“ (10 Punkte)

a) Aus der Frequenz folgt die Periodendauer $T = 1/f = 7 \cdot 10^{-6}$ s. Die Flussdichte nimmt immer über eine halbe Periode ab und dann wieder zu, damit ist $\Delta t = 3{,}5 \cdot 10^{-6}$ s. Die Änderung der Flussdichte ist $\Delta B = 4$ mT.
Die Induktionsspannung in einer Windung i ist $U_{\mathrm{Ind,i}} = -A_i \cdot \Delta B / \Delta t$. Da die einzelnen Windungen nicht die gleiche Fläche haben, darf man nicht mit der Windungszahl multiplizieren, sondern muss die Induktionsspannungen addieren: $U_{\mathrm{Ind}} = U_{\mathrm{Ind,1}} + U_{\mathrm{Ind,2}} + \ldots + U_{\mathrm{Ind,15}}$. Die erste Windung hat die Fläche $A_1 = 20\ \mathrm{mm} \cdot 10\ \mathrm{mm} = 200\ \mathrm{mm}^2$. Die 15 Windung hat die Fläche $A_{15} = 40\ \mathrm{mm} \cdot 30\ \mathrm{mm} = 1200\ \mathrm{mm}^2$. Die übrigen Flächen sind in der Tabelle dargestellt.
Damit berechnet man die einzelnen Induktionsspannungen und die Summe. Diese ist $|U_{\mathrm{Ind}}| = 10{,}8$ V. Es folgt das Diagramm:

Nr.	l in mm	b in mm	A in mm²	$\lvert U_{\mathrm{Ind,i}} \rvert$ in V
1	20,00	10,00	200,00	0,23
2	21,43	11,43	244,90	0,28
3	22,86	12,86	293,88	0,33
4	24,29	14,29	346,94	0,39
5	25,71	15,71	404,08	0,46
6	27,14	17,14	465,31	0,53
7	28,57	18,57	530,61	0,60
8	30,00	20,00	600,00	0,68
9	31,43	21,43	673,47	0,76
10	32,86	22,86	751,02	0,85
11	34,29	24,29	832,65	0,94
12	35,71	25,71	918,37	1,04
13	37,14	27,14	1008,16	1,14
14	38,57	28,57	1102,04	1,24
15	40,00	30,00	1200,00	1,35

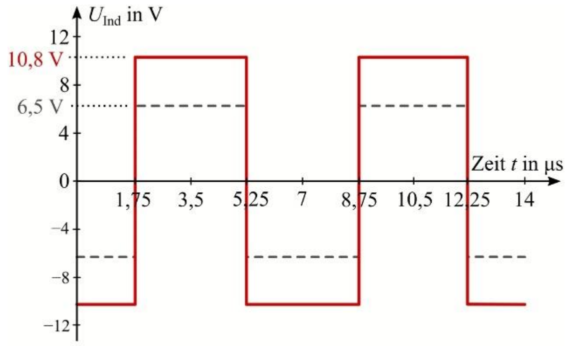


Abb. 1

6 BE

b) Berücksichtigt man den Prozentsatz, sinkt der Betrag der Induktionsspannung auf 6,5 V. Ein durchaus realistischer Wert. 1 BE

c) Aus dem Dreieckssignal der Flussdichte wird ein Rechtecksignal der Induktionsspannung. Richtet man diese mit einem Zwei-Wege-Gleichrichter gleich, entsteht auch ohne Glättung eine gute Gleichspannung, mit der der Akku geladen werden kann. Eine sinusförmige Flussdichte führt auf eine cosinusförmige Wechselspannung. Nach der Gleichrichtung muss diese geglättet werden. 2 BE

d) Die ferromagnetische Folie schützt die empfindliche Elektronik im Inneren des Smartphones vor dem Magnetfeld der Ladestation. Dies ist nötig, damit nicht an ungewünschten Stellen im Smartphone Spannungen induziert werden. 1 BE

Lösung 30.1.12.2 „Hebung“ (10 Punkte)

a) Herleitung der Gleichung:

1. Hauptsatz: $\mathrm{d}U = \mathrm{d}Q + \mathrm{d}W$ isotherm $\rightarrow$ $\mathrm{d}U = 0$ $\rightarrow \mathrm{d}Q = -\mathrm{d}W$

Berechnung der Volumenänderungsarbeit: 1 BE

$$W = -\int_{V_1}^{V_2} p\,\mathrm{d}V \qquad \text{mit} \qquad pV = nRT$$

$$W = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V}\,\mathrm{d}V = -nRT[\ln(V_2) - \ln(V_1)]$$

$$W = -nRT \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -p_1 V_1 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

und $Q = -W = p_1 V_1 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$ 3 BE

b) Wasser soll um 25 cm steigen $\rightarrow$ 50 cm = h_{u} Höhenunterschied der Wasserspiegel 1 BE

Schweredruck des Wassers: $p_w = \rho \cdot g \cdot h_u = 4905\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$

äußerer Luftdruck $p_1 = 1\ \mathrm{bar} = 100000\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$

Druck nach der Hebung $p_2 = p_1 + p_W = 104905\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$ 2 BE

Berechnung der Arbeit: $W = -p_1 V_1 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = +57{,}5\ \mathrm{J}$

Damit folgt: $Q = -57{,}5\ \mathrm{J}$ 1 BE

(mit $V_1 = 200\mathrm{cm}^2 \cdot 60\mathrm{cm} = 12000\mathrm{cm}^3 = 0{,}012\mathrm{m}^3$)

Gesamtarbeit: Volumenänderungsarbeit + Arbeit zum Heben des Wassers

$W_{ges} = W + m_W \cdot g \cdot h$

$W_{ges} = 57{,}5\ \mathrm{J} + 12{,}3\ \mathrm{J}$

$W_{ges} = 69{,}8\ \mathrm{J}$ 2 BE

(mit $m_W = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot h = 5\ \mathrm{kg}$)

Lösung 30.1.12.3 „Wo Licht ist, ist auch Schatten“ (10 Punkte)

a) Auf der Wand sind zunächst die Schatten der Karte und der Hand zu sehen (vgl. Abb. 1a). Verringert man den vertikalen Abstand, nähern sich natürlich auch die beiden Schatten an. Unterschreitet man einen bestimmten Abstand, beginnt aus dem Schatten der Karte ein zusätzlicher Schatten „herauszuwachsen“ (vgl. Abb. 1b). Dieser wird immer länger bis sich dieser und der Schatten des Fingers berühren. 3 BE

Die Sonne ist ein ausgedehnter selbstleuchtender Körper und erzeugt hinter einem Gegenstand deshalb einen Kernschatten und einen Halbschattenbereich. Im Gegensatz zu der in der Schule oft behandelten Variante mit zwei punktförmigen Lichtquellen, ist der Halbschattenbereich hier nicht homogen dunkel, sondern der Bereich wird schnell hell und fällt deshalb in der Regel nicht auf.

Abb. 1a)

Abb. 1b)

Senkt man den Finger nach und nach ab, dann tritt irgendwann die in Abbildung 2a dargestellte Konstellation ein. Senkt man den Finger noch weiter ab (wie in Abb. 2b), dann blockiert der Finger Lichtstrahlen, die zuvor noch in den Halbschattenbereich der Sonne gelangen konnten. In den blockierten Bereich kommen nun keine Lichtstrahlen der Sonne. Es entsteht also ein zusätzlicher Kernschatten. Das ist der herauswachsende Schatten.

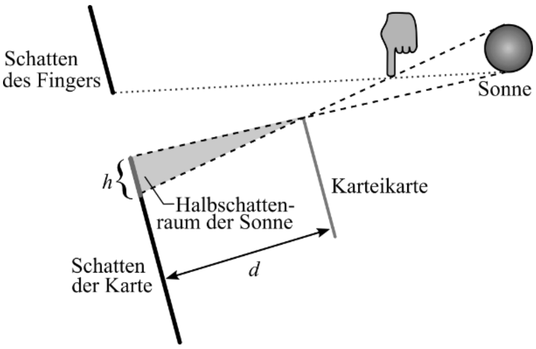


Abb. 2a)

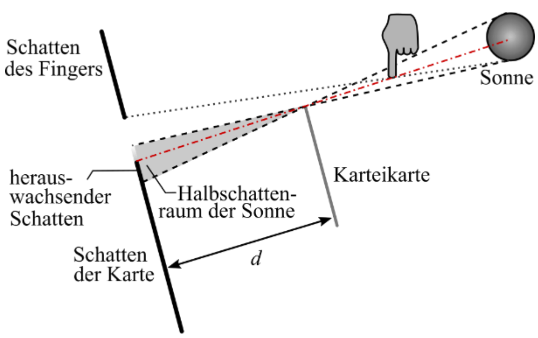


Abb.2b)

Wenn der Finger in Abb. 2 bis zur unteren gestrichelten Linie abgesenkt wurde, berühren sich die beiden Schatten. Die Abbildungen 3a) bis d) zeigen dies im Detail.

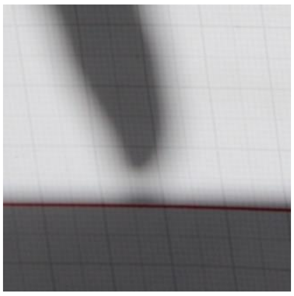


Abb. 3a)

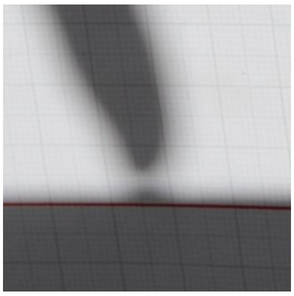


Abb. 3b)

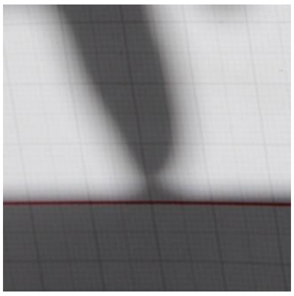


Abb. 3c)

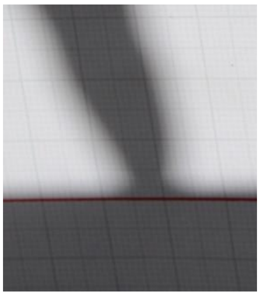


Abb. 3d)

1 BE Beobachtung, 2 BE qualitativ richtige Erklärung

b) Die beiden Schatten berühren sich, wenn der herauswachsende Schatten gerade den gesamtem Halbschattenbereich ausfüllt. Auf diese Weise kann die Höhe *h* (vgl. Abb. 2a) bestimmt werden. Bringt man z.B. Millimeterpapier auf dem Brett an, kann die Höhe bequem abgelesen werden. Als zweite Messgröße muss man den Abstand *d* messen. Für das graue Dreieck in Abb. 2 gilt dann 1 BE

$$\tan\left(\frac{\delta_\odot}{2}\right) = \frac{h/2}{d}, \qquad (1)$$

oder mit Hilfe der Kleinwinkelnäherung 1 BE

$$\delta_\odot = \frac{h}{d}. \qquad (2)$$

Messwerte, z.B. h = 4,5mm und d = 52cm. Damit folgt 1 BE

$$\delta_\odot = \frac{0{,}45\text{cm}}{52\text{cm}} = 0{,}008654 \text{ rad} = 0{,}496° \approx 30'. \qquad (3)$$ 1 BE

c) Beide Messgrößen sind fehleranfällig. Die Genauigkeiten sind vom Schüler sinnvoll abzuschätzen.

Messgröße	Messwert	Absoluter Fehler	Relativer Fehler
h	4,5 mm	± 0,5 mm	11%
d	52 cm	± 0,5 cm	1%

1 BE

Den Fehler des Sonnendurchmessers kann man entweder durch geschicktes Einsetzen ermitteln
$\delta_{\odot,\max} = \frac{h+\Delta h}{d-\Delta d} \approx 0{,}56°$ und $\delta_{\odot,\min} = \frac{h-\Delta h}{d+\Delta d} \approx 0{,}44°$ und $\Delta\delta_\odot = \frac{1}{2}\cdot\left(\delta_{\odot,\max} - \delta_{\odot,\min}\right) = 0{,}06°$,
oder mit den bekannten Regeln der Fehlerfortpflanzung berechnen $\Delta\delta_\odot = \delta_\odot \cdot \left(\frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta d}{d}\right) = 0{,}06°$. Nach beiden Methoden erhält man als Ergebnis $\delta_\odot = 0{,}5° \pm 0{,}06°$, was einem relativen Fehler von 12% entspricht. Experimentelles Ergebnis und Literaturwert sind in Übereinstimmung. 1 BE 1 BE

Lösung 30.1.12.4 „Drehschemel“ (10 Punkte)

a) Rotation eines Körpers → Massenverteilung zur Drehachse muss beachtet werden. Massenträgheitsmoment des Körpers ändert sich bei der Verlagerung der Arme. 3 BE
Drehimpulserhaltungssatz → eine Änderung des Massenträgheitsmomentes hat eine Änderung der Winkelgeschwindigkeit- / Drehzahländerung zur Folge.

b) Grundlage = Dopplereffekt feststehender Beobachter (Mikrophon) bewegte Quelle (Stimmgabel). Durch die Annäherung der Stimmgabel mit der Geschwindigkeit *v* an das Mikrophon erscheinen die Wellen zusammengedrückt → Wellenlänge wird kleiner.
In einer Periode *T* hat die Quelle den Weg *s* = *v*·*T* = *v*/*f* zurückgelegt:

$$\lambda' = \lambda - s = \frac{c}{f} - \frac{v}{f} = \frac{c}{f'}$$

$$f' = f \cdot \frac{1}{1-\frac{v}{c}} \quad \rightarrow \quad v = \left(1 - \frac{f}{f'}\right) \cdot c$$ 5 BE

Bahngeschwindigkeit der Stimmgabel:

$$v = \frac{u}{T} = \frac{2\pi \cdot r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot n$$

mit *n* = Drehzahl des Schemels.

$$n = \left(1 - \frac{f}{f'}\right) \cdot \frac{c}{2\pi \cdot r}$$

mit c = 340 m/s, r = 0,65 m, f = 440 Hz, f' = 444 Hz ergibt sich $n \approx 0{,}75\,\frac{1}{s}$. 2 BE